PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

ANALISA KEKUATAN MEMANJANG DECK CARGO BARGE TERHADAP PERUBAHAN MUATAN DARI BATUBARA MENJADI CONTAINER DENGAN METODE NUMERIK

Tito Janis P.[1], Erifive Pranatal[1], dan Pramudya I. S.[1]

[1]Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jln. Arief Rachman Hakim, 100 Surabaya

e-mail: tjanisprakoso@gmail.com

ABSTRAK

Melakukan analisa kekuatan memanjang *Deck Cargo Barge* terhadap perubahan muatan dari Batubara menjadi *Container*. Beberapa data *Deck Cargo Barge* dengan panjang 91.44 meter, lebar 27.43 meter, tinggi 5.49 meter yang digunakan adalah *Transverse Section, Construction Profile, Lashing Arrangement, Intact Stability Booklet*. Dengan menggunakan Metode Numerik yakni perhitungan secara manual namun tetap dibantu beberapa software enginering standar untuk membantu mempermudah dan mempercepat proses perhitungan. Perhitungan diawali dengan menghitung beban kapal kosong LWT, beban muatan DWT, dan beban gaya angkat keatas hasilnya adalah gaya lintang dan Momen. Kemudian diperoleh hasil Tegangan pada geladak $\sigma G = 3.55$ kg/m^2 , Tegangan pada alas $\sigma A = 5.74$ kg/m^2 , Modulus pada geladak $W_G = 6939198.789$ cm^3 , dan Modulus pada alas $W_A = 11203875.53$ cm^3 . Dengan masing – masing standar yang diperoleh dari rumus BKI Tegangan ijin $\sigma p = 1462.144$ kg/m^2 dan Modulus ijin $Wp = 284153.6569$ cm^3. Kesimpulan analisa kekuatan memanjang *Deck Cargo Barge* setelah perubahan muatan yakni memenuhi ketentuan BKI karena $\sigma G, \sigma A < \sigma p$ dan $W_{G,} W_A > Wp$.

Kata kunci: perubahan muatan, kekuatan memanjang kapal, perhitungan numerik

PENDAHULUAN

Hampir 85% distribusi barang dan personal menggunakan sarana angkutan laut. Sistem transportasi laut diselenggarakan dengan tujuan agar proses transportasi penumpang dan barang dapat dicapai secara optimum dalam ruang dan waktu tertentu dengan pertimbangan factor keamanan, kenyamanan, kelancaran dan efisiensi atas waktu dan biaya. (R. B. Prakoso, 2015)

Tongkang adalah benda apung yang digunakan untuk mengangkut muatan curah berupa batu bara, pasir, dan lain sebagainya. Tongkang sendiri memiliki bentuk lambung yang menyerupai balok, dimana Cb mendekati 1, dan tidak ada system propulsi, listrik, ataupun perpipaan yang mendukung tongkang ini. Dikarenakan tongkang hanya sebagai benda apung dengan beban muatan. Dengan begitu, didapatkan besar pengangkutan muatan yang lebih besar, namun berpengaruh pada hambatan tongkang terhadap air. Tongkang diharapkan dapat digunakan secara massal untuk jasa pengangkutan hasil bumi dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan jasa tug boat. (U. M. Silalahi, 2016)

Namun, dewasa ini banyak tongkang yang diperjualbelikan ataupun disewakan di Indonesia. Hal ini tak lepas dari mulai berkurangnya sumber daya alam karena terlalu banyak yang diambil dan diolah menjadi bentuk lain. Fenomena ini membuat sejumlah tugboat dan Coal barge di sejumlah daerah di Indonesia seperti di daerah Batam, Kepulauan Riau berhenti beroperasi dan berakhir di mesin scrap. Hal seperti ini sangat disayangkan, mengingat dengan kisaran harga tugboat dan tongkang yang tidak murah, yaitu mencapai Rp. 24 miliar seharusnya tugboat dan tongkang digunakan sesuai dengan tujuan awalnya bukan berakhir di mesin scrap. Oleh karena fenomonea tersebut, banyak ide baru yang seharusnya dapat menyelamatkan tongkang dari mesin scrap meskipun tongkang tersebut tidak lagi digunakan sebagaimana tujuan awal pembangunan. Salah satu idenya adalah dengan cara melakukan konversi pada tongkang menjadi sesuatu yang lain yang lebih berguna daripada dihancurkan. (D. Y. Akbar, 2016)

Dilain hal terdapat container yang sering digunakan dalam ekspedisi pengiriman logistic. Volume pengiriman barang menggunakan peti kemas terus meningkat dari tahun ke tahun. Pengiriman barang dengan peti kemas memungkinkan barang digabung menjadi satu sehingga waktu pengoperasian lebih cepat, efektif, dan efisien. (M. Handajani, 2004)

Deck Cargo Barge telah diubah muatannya menjadi container atas permintaan dari pihak owner. Berkaitan dengan perubahan muatan pada Deck Cargo Barge terjadi perubahan karakteristik kekuatan konstruksi barge. Karakteristik kekuatan konstruksi dipengaruhi oleh tegangan (stress) yang terjadi,

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

penentuan intensitas tegangan sangat penting untuk menentukan kemampuan bahan dalam menahan gaya tersebut.

Kapal dalam pelayarannya akan mengalami compression dan tension yang terjadi akibat kondisi hogging dan sagging, karena itu diperlukannya perhitungan kekuatan memanjang kapal pada kondisi tersebut dengan variasi muatan. Pada umumnya perhitungan kekuatan memanjang kapal biasa dilakukan pada kapal dengan panjang lebih dari 65m

Berdasarkan uraian diatas penelitian penulis ingin melakukan analisis teknis tentang kapal tongkang atau barge yang diubah muatannya dari batubara menjadi container terhadap kekuatan memanjang dan longitudinal buckling, dengan variasi muatan untuk mencari nilai tegangan maksimum yang terjadi, dimana mengacu pada kekuatan tegangan ijin material sesuai dengan aturan yang berlaku.

Panjang target untuk makalah yang dikirim dan diundang sekitar delapan halaman. Panjang ini termasuk semua gambar dan tabel. Namun, karena Prosiding tidak disiapkan dalam bentuk buku, tidak ada batasan maksimum jumlah halaman. Anda bebas melampaui panjang target delapan halaman.

METODE

Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk melengkapi dan menyiapkan konsep teori yang dibutuhkan selama mengerjakan Skripsi. Studi literatur yang digunakan meliputi manualbook, textbook, handbook, artikel ilmiah, konsultasi dengan dosen pembimbing dan buku – buku penunjang lainnya yang relevan mengenai *Deck Cargo Barge* dan Kekuatan Memanjang.

Pengolahan Data

Dari hasil pengumpulan data, tahap selanjutnya adalah proses pengolahan data. Pada tahap ini perhitungan dilakukan dimulai dengan menghitung beban *LWT* , *DWT*, dan titik berat.

Perhitungan Penyebaran Gaya Lintang dan Momen Pada Air Tenang

Dari hasil pengolahan data, tahap selanjutnya adalah proses perhitungan penyebaran gaya lintang dan momen pada air tenang. Pada tahap ini perhitungan momen dari seluruh beban kapal akan di jumlahkan dengan *buoyancy* kapal.

Perhitungan Modulus Penampang

Selanjutnya seluruh modulus penampang kapal dihitung mulai dari deck, alas, sisi, penegar – penegar memanjang dan *longitudinals*.

Pemeriksaan Kekuatan Kapal

Dari hasil Perhitungan Penyebaran Gaya Lintang dan Momen Pada Air Tenang, kondisi hogging, sagging, serta perhitungan modulus penampang, tahap terakhir adalah proses pemeriksaan kekuatan kapal. Pada tahap ini perhitungan Perhitungan Penyebaran Gaya Lintang dan Momen Pada Air Tenang, kondisi hogging dan sagging, menjadi acuan untuk menghitung modulus pada penampang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

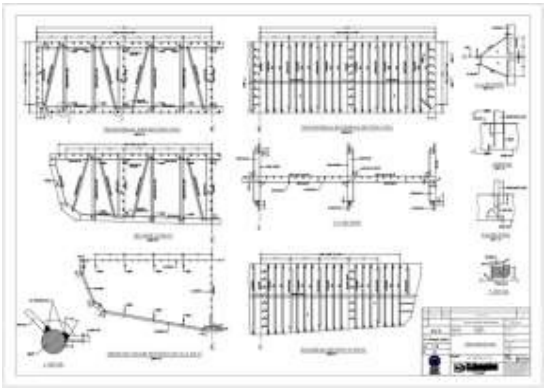
Persyaratan yang diberikan oleh BKI pada perhitungan kekuatan memanjang merupakan dasar untuk perhitungan.

Parameter Ukuran Utama

L = 91.44 meter
B = 27.43 meter
H = 5.49 meter

Perhitungan Berat Kapal Kosong dan Muatan

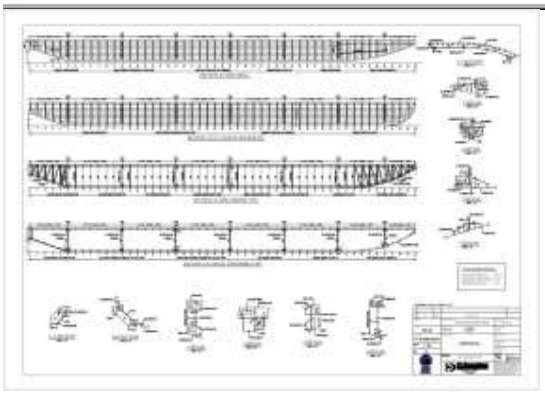
Sebelum memulai perhitungan, kapal akan dibagi menjadi 40 *station*. Pembagian station ini berguna untuk mempermudah perhitungan berat karena nantinya akan di analisa berdasarkan beban yang diterima tiap *station*.



Gambar 1: Transverse Section

Transverse Section merupakan gambar potongan melintang kapal yang menunjukkan tipikal konstruksi yang ada pada seluruh bagian kapal. Untuk mengetahui potongan memanjang kapal diperlukan gambar *Construction Profile*.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021



Gambar 2: Construction Profile

Seluruh bagian konstruksi seperti plat, penegar, dan pembujur di hitung untuk mengetahui berat dan titik berat. Kemudian diperoleh berat sebagai berikut.

Tabel 1: Hasil Perhitungan Berat LWT dan DW

Station			q(LWT) I	q(DWT) II	q(Total) I+II	W(Total) q(Total).h	Lengan	Moment
			ton/m	ton/m	ton/m	ton	[m]	[ton.m]
0	-	1	14.45		14.45	33.04	-44.58	-1472.78
1	-	2	9.75	134.51	144.27	329.79	-42.29	-13947.27
2	-	3	10.28		10.28	23.49	-40.01	-939.85
3	-	4	10.84	269.03	279.87	639.78	-37.72	-24131.83
4	-	5	17.82		17.82	40.74	-35.43	-1443.57
5	-	6	11.57		11.57	26.45	-33.15	-876.77
6	-	7	11.57	269.03	280.60	641.45	-30.86	-19795.81
7	-	8	12.00		12.00	27.44	-28.58	-783.98
8	-	9	14.75		14.75	33.71	-26.29	-886.16
9	-	10	15.56	261.81	277.38	634.08	-24.00	-15219.86
10	-	11	12.00		12.00	27.44	-21.72	-595.82
11	-	12	12.00		12.00	27.44	-19.43	-533.10
12	-	13	14.68	261.81	276.49	632.06	-17.15	-10836.67
13	-	14	12.00		12.00	27.44	-14.86	-407.67
14	-	15	12.00		12.00	27.44	-12.57	-344.95
15	-	16	15.56	269.03	284.59	650.58	-10.29	-6692.53
16	-	17	14.69		14.69	33.58	-8.00	-268.67
17	-	18	12.00	134.51	146.52	334.94	-5.72	-1914.16
18	-	19	12.00	134.51	146.52	334.94	-3.43	-1148.49
19	-	20	12.00		12.00	27.44	-1.14	-31.36
20	-	21	18.25	278.87	297.12	679.23	1.14	776.36
21	-	22	12.00		12.00	27.44	3.43	94.08
22	-	23	12.00		12.00	27.44	5.72	156.80
23	-	24	12.00	354.33	366.33	837.44	8.00	6700.32
24	-	25	14.69		14.69	33.58	10.29	345.44
25	-	26	12.00		12.00	27.44	12.57	344.95
26	-	27	15.56	419.95	435.51	995.58	14.86	14793.35
27	-	28	12.00		12.00	27.44	17.15	470.39
28	-	29	14.69		14.69	33.58	19.43	652.50
29	-	30	12.00	419.95	431.95	987.44	21.72	21444.14
30	-	31	12.00		12.00	27.44	24.00	658.54
31	-	32	12.00		12.00	27.44	26.29	721.26
32	-	33	17.31	377.95	395.27	903.58	28.58	25819.70
33	-	34	11.28		11.28	25.78	30.86	795.72
34	-	35	10.96	167.98	178.94	409.06	33.15	13559.17
35	-	36	10.09		10.09	23.06	35.43	817.26
36	-	37	14.29		14.29	32.67	37.72	1232.20
37	-	38	8.53		8.53	19.50	40.01	780.17
38	-	39	7.14		7.14	16.33	42.29	690.63
39	-	40	4.81		4.81	10.98	44.58	489.65
			501.17	3753.28	4254.45	9881.28		-10928.70

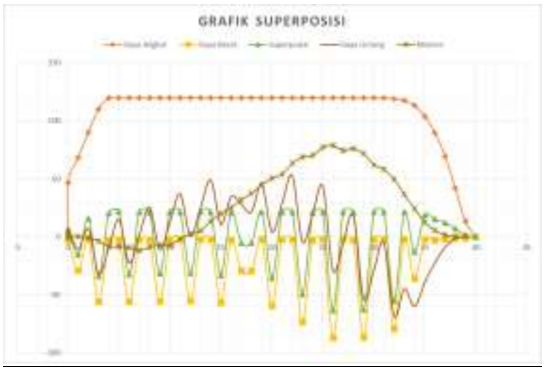
Selanjutnya dilakukan perhitungan gaya angkat keatas pada sarat penuh.

Perhitungan Gaya Angkat ke Atas

Tabel 2: Hasil Perhitungan Gaya Angkat ke Atas

Station	Area [m^2]	a (x) [ton/m]	$a(x)_{rata}$ [ton/m]	$a(x)_{rata}xb$ [ton]	Lengan [m]	Momen [ton.m]
0	35.05	35.92			-46.86	0.00
1	56.12	57.52	46.72	106.81	-44.58	-4761.12
2	77.20	79.12	68.32	156.19	-42.29	-6605.37
3	98.27	100.73	89.93	205.57	-40.01	-8223.84
4	116.63	119.55	110.14	251.77	-37.72	-9496.70
5	116.63	119.55	119.55	273.29	-35.43	-9683.44
6	116.63	119.55	119.55	273.29	-33.15	-9058.70
7	116.63	119.55	119.55	273.29	-30.86	-8433.96
8	116.63	119.55	119.55	273.29	-28.58	-7809.22
9	116.63	119.55	119.55	273.29	-26.29	-7184.48
10	116.63	119.55	119.55	273.29	-24.00	-6559.75
11	116.63	119.55	119.55	273.29	-21.72	-5935.01
12	116.63	119.55	119.55	273.29	-19.43	-5310.27
13	116.63	119.55	119.55	273.29	-17.15	-4685.53
14	116.63	119.55	119.55	273.29	-14.86	-4060.80
15	116.63	119.55	119.55	273.29	-12.57	-3436.06
16	116.63	119.55	119.55	273.29	-10.29	-2811.32
17	116.63	119.55	119.55	273.29	-8.00	-2186.58
18	116.63	119.55	119.55	273.29	-5.72	-1561.84
19	116.63	119.55	119.55	273.29	-3.43	-937.11
20	116.63	119.55	119.55	273.29	-1.14	-312.37
21	116.63	119.55	119.55	273.29	1.14	312.37
22	116.63	119.55	119.55	273.29	3.43	937.11
23	116.63	119.55	119.55	273.29	5.72	1561.84
24	116.63	119.55	119.55	273.29	8.00	2186.58
25	116.63	119.55	119.55	273.29	10.29	2811.32
26	116.63	119.55	119.55	273.29	12.57	3436.06
27	116.63	119.55	119.55	273.29	14.86	4060.80
28	116.63	119.55	119.55	273.29	17.15	4685.53
29	116.63	119.55	119.55	273.29	19.43	5310.27
30	116.63	119.55	119.55	273.29	21.72	5935.01
31	116.63	119.55	119.55	273.29	24.00	6559.75
32	116.63	119.55	119.55	273.29	26.29	7184.48
33	115.55	118.44	118.99	272.02	28.58	7772.93
34	113.32	116.15	117.29	268.13	30.86	8274.87
35	107.10	109.78	112.96	258.23	33.15	8559.68
36	95.73	98.12	103.95	237.63	35.43	8419.88
37	79.27	81.25	89.69	205.02	37.72	7733.23
38	55.88	57.28	69.26	158.34	40.01	6334.37
39	25.69	26.33	41.80	95.56	42.29	4041.46
FP	0.00	0.00	13.16	30.09	44.58	1341.41
			Σ_1 =	9897.45	$\Sigma 2$ =	-11594.52

Kedua gaya tersebut yakni berat dan gaya angkat keatas akan memperoleh gaya lintang dan momen.



Gambar 3: Grafik Superposisi

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Perhitungan Modulus Penampang

Tabel 3: Perhitungan Modulus Penampang

No	Nama bagian	Jml	Lebar	Tinggi	Luas Total	Titik berat thd Base	Momen	$A_T \times Z^2$	M-Inersia Individu
			(cm)	(cm)	(cm^2)	(cm)	(cm^3)	(cm^4)	(cm^4)
		[n]	[b]	[h]	[A_T]	[Z]	[$A_T \times z$]		[1/12 x b x h^3]
1	**Pelat keel (lunas)**	1	80	1.4	112	0.70	78.40	54.88	18.29
2	**Pelat alas**	14.56	180	1.20	3144.96	0.60	1886.98	1132.19	377.40
4	**Pelat bilga**	2	86.2	1.2	206.88	100.00	24047.89	2068800.00	24047.89
5	**Pelat sisi**	2.71	1.20	180	585.36	350.00	204876.00	71706600.00	1580472.00
7	**Pelat Geladak**	15.24	180	0.80	2194.56	549.69	1206327.69	663106285.94	7333.78
8	**Penumpu**								
	Penumpu tengah	1	0.8	549	438.88	300.00	131664.00	39499200.00	11007182.08
	Penumpu samping	2	0.8	549	877.76	300.00	263328.00	78998400.00	22014364.17
	Penumpu samping								
	- Web	8	0.8	48	292.48	50.00	14624.00	731200.00	50903.46
	- Face	8	15.2	0.8	97.28	73.25	7125.76	521961.92	5.19
9	**Pembujur**								
	Pembujur alas								
	- Web	36	0.9	15	486	7.50	3645.00	27337.50	9112.50
	- Face	36	9	0.9	291.6	15.45	4505.22	69605.65	19.68
10	**Pembujur geladak**								
	Pembujur geladak								
	- Web	36	0.9	15	486	541.10	262974.60	142295556.06	9112.50
	- Face	36	9	0.9	291.6	534.05	155728.98	83167061.77	19.68
11	**Pembujur sisi**								
	Pembujur sisi								
	- Web	14	0.9	15	189	314.30	59402.70	18670268.61	3543.75
	- Face	14	15	0.9	189	314.30	59402.70	18670268.61	12.76
	Pmbjr. sisi dalam & Sekat Memanjang								
	- Web	24	0.9	15	324	314.30	101833.20	32006174.76	6075.00
	- Face	24	15	0.9	324	314.30	101833.20	32006174.76	21.87
12	**Senta Sisi**								
	- Web	2	0.8	46	73.12	400.00	29248.00	11699200.00	12725.87
	- Face	2	15.2	0.8	24.32	400.00	9728.00	3891200.00	1.30
13	**Penumpu Geladak**								
	- Web	8	0.8	46	292.48	525.75	153771.36	80845292.52	50903.46
	- Face	8	15.2	0.8	97.28	400.00	38912.00	15564800.00	5.19
14	Pillar								
	H Beam	8	20	500.0	80000	350.00	##########	980000000.00	1666666666.67
					91018.56		30834943.67	1109554555.16	1701442924.483
					Σ1		Σ2	Σ3	Σ4

Titik berat terhadap dasar (Z1)

Z1 = Σ2 / Σ1
= 30834943.67 / 91018.56
= 338.776

Titik berat terhadap dasar (Z2)

Z2 = H - Z1
= 13000 - 338.7764393
= 12661.22356 cm

Ixx = S3 + S4
= 11095546555.161 + 1701442924.483
= 12796989479.643 cm^4

INA = IXX - (Z1)^2.Σ1
=12796989479.643-(338.7764393x 91018.56)^2
= 2350837057 cm^4

Modulus penampang thd bottom (Wbot)
= INA / z1
= 2350837057 / 338.7764393
= 6939198.789 cm3

Modulus penampang thd deck (Wdeck)
= INA / z2
= 2350837057 / 12661.22356
= 185672.1861 cm^3

Pemeriksaan Kekuatan Kapal

Pada kondisi air tenang

M'(x)swmax = 398.5 ton.m
= 39850990.23 kg.cm

σ geladak = M'max/W deck
= 39850990.23/11203875.53
= 3.5569 kg/cm^2

σ alas = M'max/W deck
= 39850990.23 / 6939198.79
= 5.7429 kg/cm^2

Longitudinal Stress yang diijinkan

σp = 15.$(L/k)^{0.5}$ [N/mm^2] untuk L < 100 m
= 15 x $(91.44/1)^2$
= 143.4363971 N/mm^2
= 14343.63971 N/cm^2
= 1462.14472 kg/cm^2

Pemeriksaan Modulus

Dari BKI 2004 Vol.II, Section 5.C.2

Wmin = k.Co.L^2.B.(Cb + 0.7) 10^{-6} m^3

Dimana ; k = 1
L = 91.44 m
Co = 10.75 – $[(300-L/100]^{1.5}$;
=10.75-$[(300-91.44)/100]^{1.5}$
= 7.738 untuk L < 300 m
B = 27.43 m
Cb = 0.90

sehingga;

Wmin = 1 x7.738 x 91.44^2 x 27.(0.90+0.7) x 10^-6
= 2.841536569 m^3
= 284153.6569 cm^3

dari perhitungan Konstruksi design kapal diperoleh:

Wbottom = 6939198.789 cm^3
Wdeck =11203875.53 cm^3

KESIMPULAN

Pada Kondisi Air Tenang; σ geladak = 3.5569 kg/cm^2 < σ maks; σ alas =5.7429 kg/cm^2 < σ maks; σ geladak dan σ alas pada semua kondisi air tenang memenuhi persyaratan BKI, karena kurang dari tegangan maximum (σ maks) yang diijinkan.

Modulus Penampang deck (Wdeck), dan modulus penampang bottom (Wbottom) memenuhi ketentuan BKI, karena lebih besar dari modulus minimum.

Dari perhitungan tegangan, Modulus, dan momen inersia pada konstruksi design kapal memenuhi persyaratan yang di tetapkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

DAFTAR PUSTAKA

Prakoso R. B, 2015, Analisa Kekuatan Konstruksi Memanjang, Stabilitas, dan Olah Gerak Kapal Kmp. Lema Ro-Ro 750 GT Untuk Pelayaran Sorong –Waigeo, Jurusan Teknik Perkapalan, FT, Universitas Diponegoro.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Pramono, D. R, A. Imron, and M. N. Misbah, 2016, Analisa Kekuatan Memanjang Floating Dock Konversi Dari Tongkang dengan Metode Elemen Hingga, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Rizky P, 2016, Kajian Teknis Perubahan Kapal Tongkang Menjadi Kapal Container Untuk Mendukung Percepatan Tol Laut, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Santosa, B, 2013, Diktat Kekuatan Kapal, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Kusna, I. (2008). Teknik Konstruksi Kapal Jilid I. Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan: Jakarta.